



止於至善

# 第三篇 异步电机

## 第十章

### 三相异步电动机的起动和调速




東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

## 第十章


### 三相异步电动机的起动和调速

- 起动电流和起动转矩
- ~~谐波转矩及其对起动的影响~~
- 笼型异步电动机的起动
- 笼型异步电动机的调速
- 绕线转子异步电动机的起动和调速



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>



## 异步电动机的起动性能

1. 起动电流倍数
2. 起动转矩倍数
3. 起动时间
4. 起动时能量消耗与发热
5. 起动设备的简单性和可靠性
6. 起动中的过渡过程



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 1. 起动电流和起动转矩

- 起动：从静止不动到加速到稳态转速的过程
- 要求：在起动时有较大的起动转矩（倍数），  
较小的起动电流（倍数）

对电网的冲击小

起动过渡过程短



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 1. 起动电流和起动转矩

### • 最初定子起动电流:

由简化等效电路,  $s=1$ ,  $c_1=1$

$$\longrightarrow I_{1st} = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

### • 最初起动转矩

$$T_{st} = \frac{m_1 p}{\omega_1} U_1^2 \frac{r_2'}{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

例10-1:  $I_{1st}=4.92I_N$ ,  $T_{st}=1.81T_N$ ,  $\cos\theta_{2st}=0.47$



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## 常用起动方法

$$I_{st} = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad T_{st} = \frac{m_1 p}{\omega_1} U_1^2 \frac{r_2'}{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

由起动电流、起动转矩的计算公式知, 起动时, 增大  $r_2$  可以改善起动性能(正常工作时, 从效率角度看, 不希望  $r_2$  大)。故实际工作中, 对于要求有较高起动性能的场所, 常采取以下措施:

- 1、采用绕线式异步机: 起动时, 转子回路可通过集电环串入电阻; 起动结束后, 切除附加电阻。
- 2、深槽式转子: 起动时,  $f_2$  高, 集肤效应明显, 故  $r_2$  大; 起动结束后,  $f_2$  小,  $r_2$  小。
- 3、双鼠笼式转子: 与上类似。



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## 2. 谐波转矩及其对起动的影响

- 异步电机高次空间谐波磁场产生的主要原因
  - 绕组分布非正弦引起的谐波磁场
  - 定、转子齿槽存在引起磁导齿谐波
- 高次谐波磁场产生的谐波转矩及其对起动的影响
  - 异步附加转矩
  - 同步附加转矩
- 削弱和消除附加谐波转矩的措施



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## I. 高次空间谐波磁场产生的主要原因

### 1. 绕组分布非正弦引起的谐波磁场

- 绕组磁势产生的高次谐波磁势称为绕组谐波磁势

$$F_{mv} = \frac{3}{2} 0.9sq \frac{K_{Nv}}{vp} I_1, \quad p_v = vp, \quad n_v = \pm \frac{n_1}{v}$$

- 定子齿谐波： $2mqk \pm 1$ 次谐波与定子齿数有关，与基波绕组因数相同，有较大的谐波磁势



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

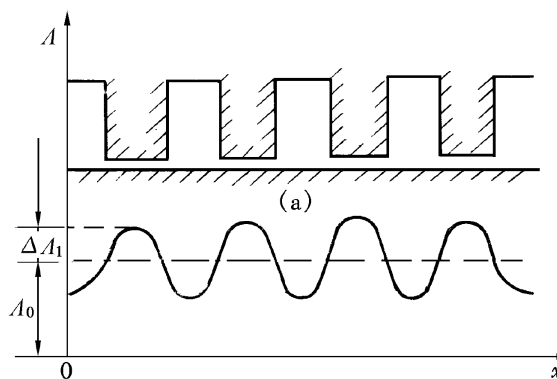
## I. 高次空间谐波磁场产生的主要原因

### 2. 定、转子齿槽存在引起磁导齿谐波

**假设：**在计算定子磁导齿谐波时认为转子表光滑，在计算转子磁导齿谐波时认为定子表面光滑

$$\Lambda = \Lambda_0 + \Delta\Lambda_1 \sin \frac{Z_1}{p} x$$

磁导分布波



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## I. 高次空间谐波磁场产生的主要原因

### 2. 定、转子齿槽存在引起磁导齿谐波

**磁导齿谐波：**由齿槽磁导变化引起的谐波磁场

$$\begin{aligned} B_1(x, t) &= (\Lambda_0 + \Delta\Lambda_1 \sin \frac{Z_1}{p} x) F_1 \sin(\omega t - x) \\ &= F_1 \Lambda_0 \sin(\omega t - x) + F_1 \Delta\Lambda_1 \sin(\omega t - x) \sin \frac{Z_1}{p} x \\ &= \underbrace{B_{m1} \sin(\omega t - x)}_{\text{均匀气隙基波磁场}} + \underbrace{B_{mZ1} \sin(\omega t - x) \sin \frac{Z_1}{p} x}_{\text{气隙磁导齿谐波磁场, 可分解成两个旋转磁场}} \end{aligned}$$

均匀气隙基波磁场

气隙磁导齿谐波磁场，可分解成两个旋转磁场



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 高次谐波磁场产生的谐波转矩 及其对起动的影响

- 在定转子磁场中，如两磁场极对数相同，且以同一转速同方向旋转就有可能产生平均转矩
- 由高次谐波产生的附加转矩，按性质又可分为异步转矩和同步转矩两类



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

### 1. 异步附加转矩

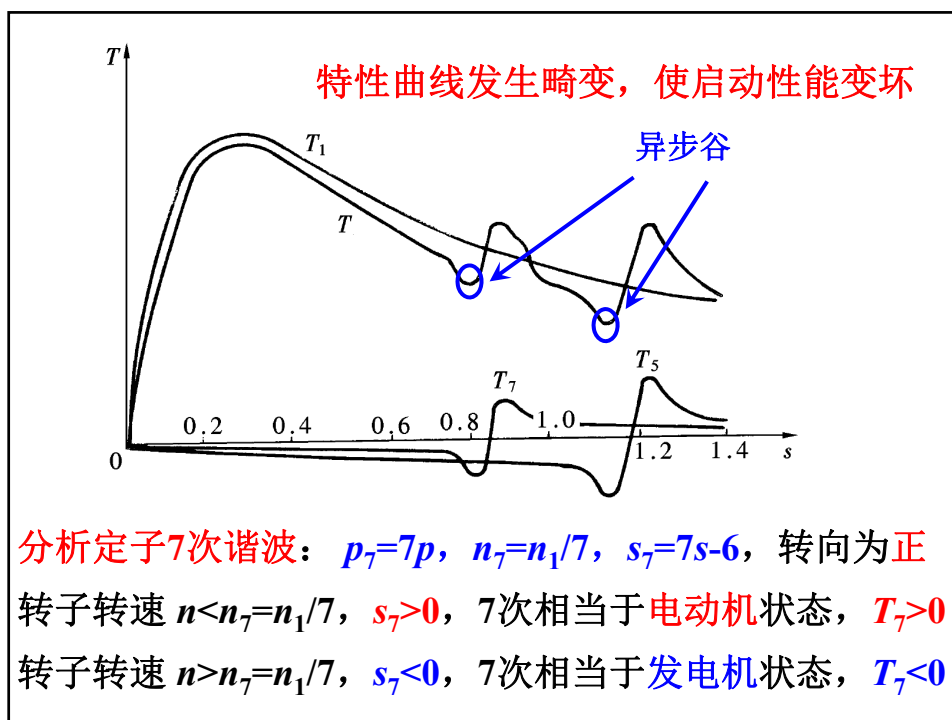
- 异步转矩是由定子旋转磁场与由该磁场感应的转子电流所产生的转子磁场相互作用所产生的转矩
- 此两磁场在任何转子转速下都保持同步旋转而相对静止，其中只有极对数相同的磁场才会产生异步转矩
- 异步：在转子转速不等于同步速时，才会感应转子电流而形成转矩
- $\nu$ 次谐波转差率

$$s_{\nu} = \frac{\pm \frac{n_1}{\nu} - n}{\pm \frac{n_1}{\nu}} = 1 \mp \nu(1-s)$$



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>



## 2. 同步附加转矩

- 由独立来源的极对数相同的两个磁场以相同转速且同方向旋转（相对静止）而产生的转矩
- 如定子磁场超前转子磁场，产生正向转矩(电动转矩)；如转子磁场超前定子磁场，便产生反向转矩；如果不是同步旋转，其平均转矩等于零
- **特点：**两磁场彼此独立，只在某一特定转速下产生同步转矩



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 2. 同步附加转矩

- 定子齿谐波磁场和转子齿谐波磁场部是独立的，且磁场较强，如齿槽配合不当，有可能使齿谐波磁场满足极对数相同条件，在某一特定转速下形成较强的同步转矩

- 某三相异步电机， $Z_1=36$ ， $Z_2=40$ ， $2p=4$

$$v_{Z1} = \frac{Z_1}{p} \pm 1 = \frac{36}{2} \pm 1 = 19 \text{ (正转)}, 17 \text{ (反转)}$$

转速  $n_1/19$       转速  $-(n_1-n)/19+n$

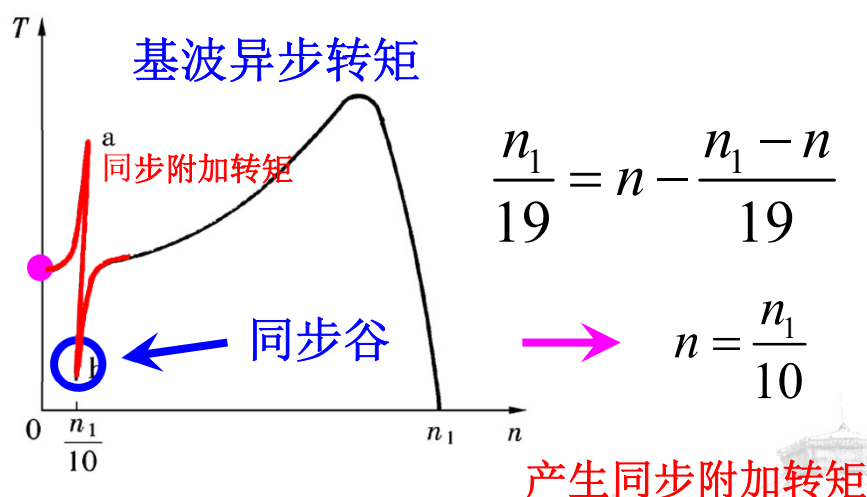
$$v_{Z2} = \frac{Z_2}{p} \pm 1 = \frac{40}{2} \pm 1 = 21 \text{ (正转)}, 19 \text{ (反转)}$$



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 2. 同步附加转矩



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2号 <http://ee.seu.edu.cn>



### III. 削弱和消除附加谐波转矩的措施

减小谐波磁场的大小或削弱其作用

1. 绕组采用适当的**分布**和**短距**（如削弱5、7次谐波）
2. **斜槽**（削弱齿谐波）
3. **槽配合**
4. 减少气隙磁导的**变化**（如半闭口槽或闭口槽）
5. **增大气隙**（增加励磁电流，功率因数下降）



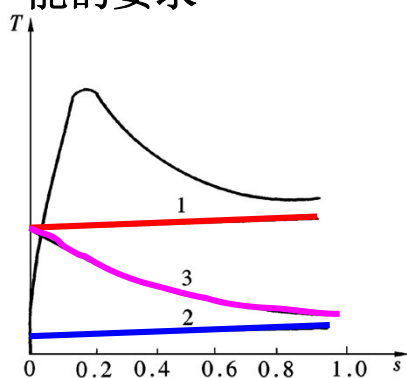
東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

### 3. 笼型异步电动机的起动

制约起动的因素

- 供电系统的容量、负载的性质、用户对起动性能的要求



**1:** 起动时有大的负载阻力，需较大的起动转矩

**2:** 起动时负载阻力小，只需很小的起动转矩

**3:** 起动初期负载阻力小，随着转速增加转矩增加——**变转矩负载**，如流体负载，风机



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

### 3. 笼型异步电动机的起动

**A. 全压直接起动：**起动时，把电动机直接投入电网。

**B. 降压起动：**起动时，施加低于额定电压的电压。电动机的转速上升到接近**额定转速**后，再切换到**额定电压**下运行。

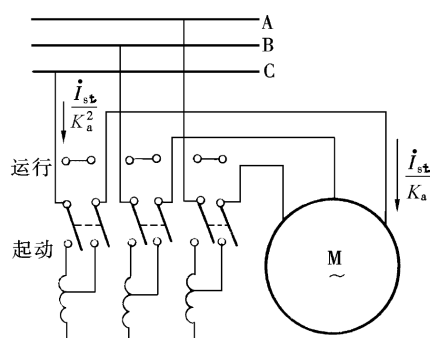
- **作用：**限制起动电流，起动转矩按电压的平方而下降
- **应用：**适用于对起动转矩要求不高的场合，如风机、离心泵电机等
- **降压起动方法：**自耦变压器起动、星形-三角形起动、延边三角形起动、串电抗器起动等



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### I. 自耦变压器降压起动



- 在额定电压下直接起动的起动电流为  $I_{st}$ ，自耦变压器的变比为  $K_a$
- 起动时电压降低到  $1/K_a$  倍，电动机的起动电流相应减小到  $1/K_a$  倍
- 电网供给的起动电流比直接起动时减小到  $1/K_a^2$  倍

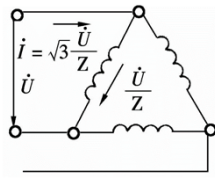
$$I_{2st} = \frac{1}{K_a} I_{st} \quad T_{st} = \frac{1}{K_a^2} T_{st\text{直接}}$$



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

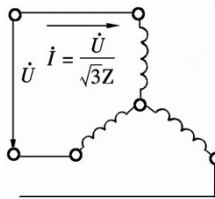
南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 星形-三角形 (Y-Δ) 起动



三角形连接直接  
起动时起动电流

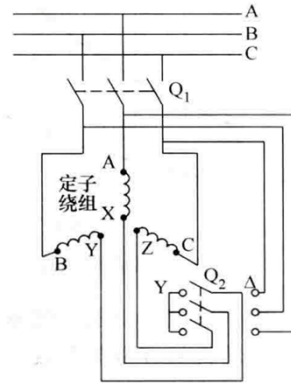
$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \frac{U}{Z}$$



星形连接起动，  
起动电流

$$I_Y = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{1}{3} I_{\Delta}$$

起动电流和转矩均减少为**1/3**



$$\therefore U_Y = \frac{1}{\sqrt{3}} U_{\Delta}$$

$$\therefore T_Y = \frac{1}{3} T_{\Delta}$$



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

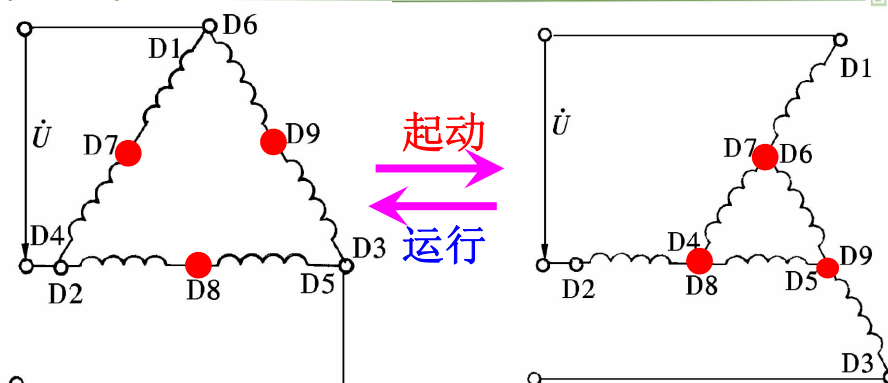
- 1 试题 感应电动机的星-三角起动，指的是绕组在正常运行时采用（ ）接法，在起动时采用（ ）接法。  
选项 A 三角型，星型 B 星型，三角型 C 三角型，三角型 D 星型，星型
- 2 试题 感应电动机采用星-三角起动方法起动时，与直接起动方法相比，起动电流变为原来的（ ）倍，起动转矩变为原来的（ ）倍。  
选项 A 1/3, 1/3 B 1/3<sup>0.5</sup>, 1/3<sup>0.5</sup> C 1/3, 3 D 1/3<sup>0.5</sup>, 3<sup>0.5</sup>



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### III. 延边三角形换接开关降压起动



$\frac{N_Y}{N_\Delta}$  越大，越接近 Y- $\Delta$  起动

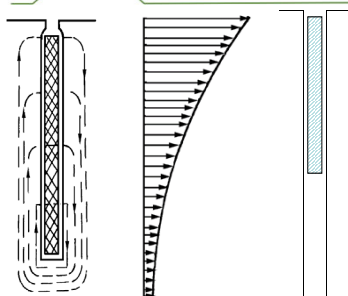
$\frac{N_Y}{N_\Delta}$  越小，越接近直接起动



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### C1. 深槽式鼠笼异步电动机



a. 起动时,  $f_2=f_1$ , 频率较高, 导体漏抗大于电阻, 漏抗占主要成分, 槽电流的分布近似与漏抗成反比。槽底部分漏抗较大, 电流较小。愈接近于槽口漏抗愈小, 该部分电流较大-集肤效应

- 由于电流的分布不均匀, 等效槽导体的有效面积减小, 集肤效应使槽导体电阻增加, 促使起动转矩增大, 改善了起动特性

- 槽形越深, 集肤效应越明显


b. 正常运行时, 由于转子电流的频率很低, 槽中电流将均匀分布, 转子电阻减小。但因为转子深, 转子漏抗大于普通笼型转子, 功率因数和过载能力下降。



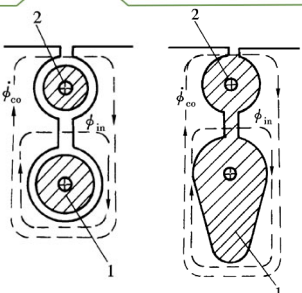
东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

3	试题	深槽感应电机，指的是将（ ）设计成窄而深的槽。
	选项	A 定子槽 B 转子槽 C 定子槽和转子槽 D 鼠笼
4	试题	与普通三相感应电动机相比，深槽型感应电动机正常工作时，性能差一些，主要是（ ）。
	选项	A 由于 $R_2$ 增大，增大了损耗 B 由于 $X_2$ 减小，使无功电流增大 C 由于 $R_2$ 减少，使输出功率减少 D 由于 $X_2$ 的增加，使电机功率因数下降



 東南大學電氣工程學院  
 SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU  
 南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## C2. 双鼠笼式异步电动机



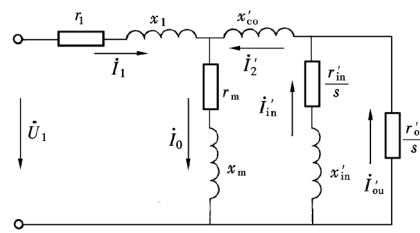
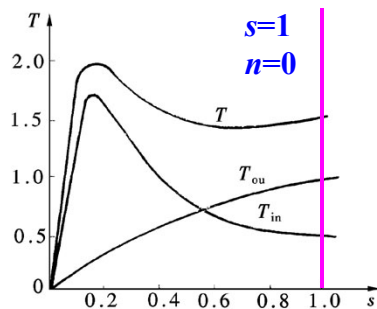
- **外笼**：截面小，电阻大(黄铜，铝，青铜等电阻率大的材料)
- **内笼**：截面大，电阻小(紫铜电阻率小的材料)
- **内笼交链的漏磁通比外笼多，漏抗也大**

- **起动时**，转子电流的频率  $f_2=f_1$ ，转子漏抗大于转子电阻，电流分配决定于漏抗
- **内层鼠笼**有较大的漏抗，电流较小，功率因数较低，所产生的电磁转矩也较小
- **外层鼠笼**仅有非常小的漏抗，电流较大，且电阻较大，起动时所产生的电磁转矩也较大，又称**起动鼠笼**


 東南大學電氣工程學院  
 SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU  
 南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## C2. 双鼠笼式异步电动机

- 转子电流的频率很小，内层鼠笼的漏抗很小，**两个鼠笼转子的电流分配决定于电阻**
- **内层鼠笼**电阻较小，电流较大，运行时在产生电磁转矩方面起主要的作用，内层鼠笼称为**运行鼠笼**



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

试题 双笼感应电机的上笼是（），下笼是（）。

5 选项 A 起动笼，工作笼 B 工作笼，起动笼  
C 起动笼，起动笼 D 工作笼，工作笼

试题 对于双笼感应电机的上笼的参数要求是（）

6 选项 A 电阻大，漏抗大 B 电阻小，漏抗小  
C 电阻小，漏抗大 D 电阻大，漏抗小



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## 4. 笼型异步电动机的调速

- **调速**：根据负载的要求，人为地或自动地对电机转速进行调节
- 异步电动机的**转速**

$$n = \frac{60f}{p}(1-s)$$

- (1) 改变供电电源的频率  $f$ —变频调速
- (2) 改变电动机的极对数  $p$ —变极调速
- (3) 改变转差率  $s$ —改变外施电压、在转子回路引入外加电阻或外加电动势



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### (1) 变频调速

- **原理**：通过改变供电电源的频率，可以改变转子的转速，称为**无级调速**
- **基本控制方式**：
  - **恒转矩调速**：调频前后保持**输出转矩**不变
  - **恒功率调速**：调频前后保持**输出功率**不变
- **变频器**：提供频率和幅值可变的电源电压

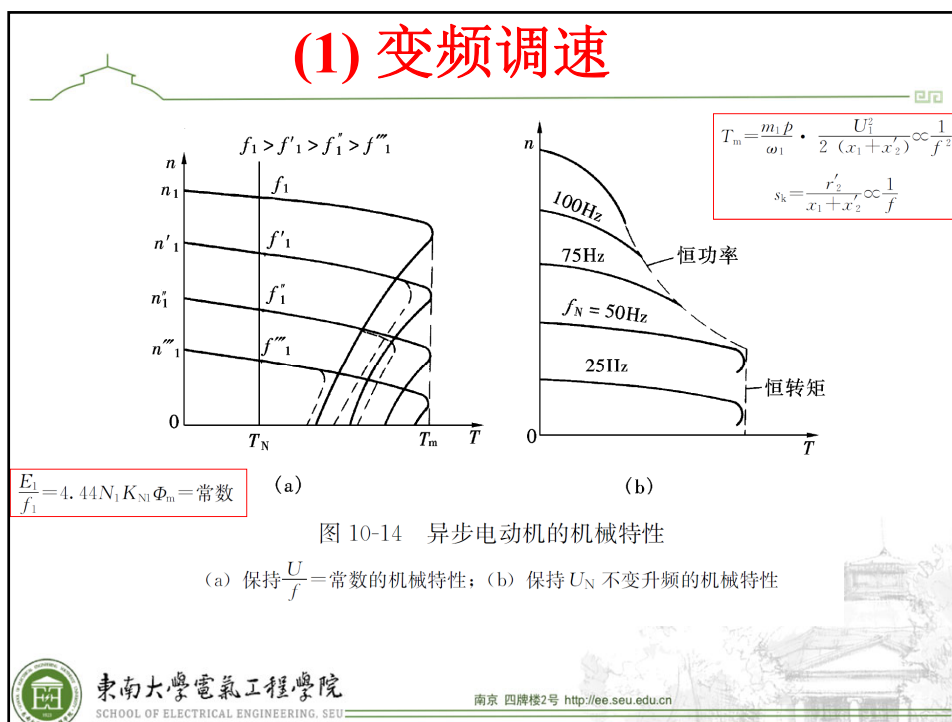


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>



## (1) 变频调速



## (2) 变极调速

- **原理：**定子绕组需有特殊的绕法，使绕组的极对数能随外部接线的改变而改变，属于**有级调速**
- 具有两种不同转速的电动机称为双速电动机，转子常为**鼠笼式**
- 变极电机定子绕组的绕制有两种方法：
  1. **双绕组变极：**两套绕组，运行时只用一套
  2. **单绕组变极：**一套绕组，改变线圈连接



## (2) 变极调速

### 1. 双绕组变极

- 定子上有两套极对数不同相互独立的绕组，每次运行只用其中一套。
- 绕组设计较方便，但材料利用率较差，很少使用。

### 2. 单绕组变极

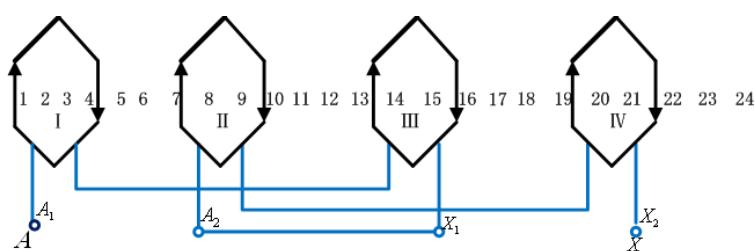
- 一套定子绕组，通过不同外部接法构成不同极对数。
- 变极电动机为鼠笼式转子，它可以随着定子极对数的改变而自动改变极对数。



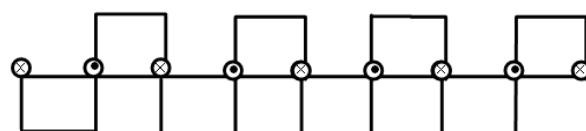
東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## (2) 变极调速



(a) 一相绕组接线图



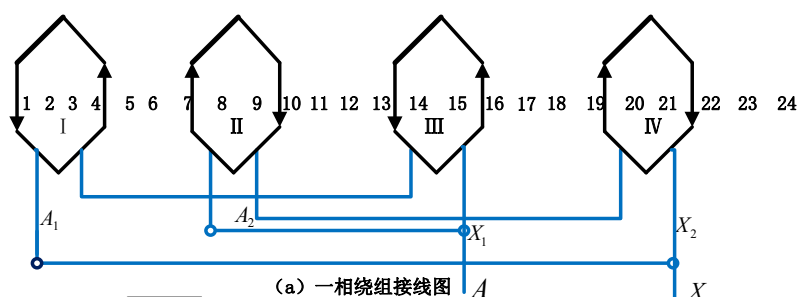
(b) 一相绕组磁动势波  
变压器绕组的八级接法



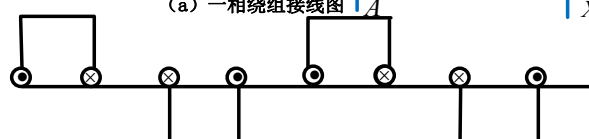
東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## (2) 变极调速



(a) 一相绕组接线图



(b) 一相绕组磁动势波  
变压器绕组的四级接法

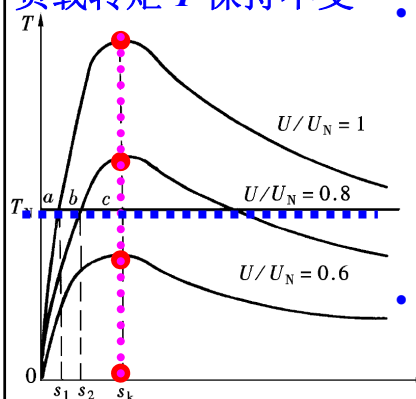


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## (3) 改变外施电压调速

负载转矩  $T$  保持不变



- 当外施电压  $U_1$  下降为额定值的  $x$  倍时,  $s$  增加原有值的  $1/x^2$  倍  
例: 当  $U_1$  从  $U_N$  降低至  $0.8$  时, 转差率便由原来的  $s_1=ab$ , 增加至  $s_2=ac$ ,  $s_2$  应为  $s_1$  的  $1/0.8^2=1.56$  倍
- 普通鼠笼式异步电动机额定转差率很小, 设  $s=0.04$ , 则  $s_2=0.062$ , 电动机的转速便由  $0.96n_1$ , 下降到  $0.938n_1$ , 调速范围很小

带恒转矩负载时不宜采用调压调速方法

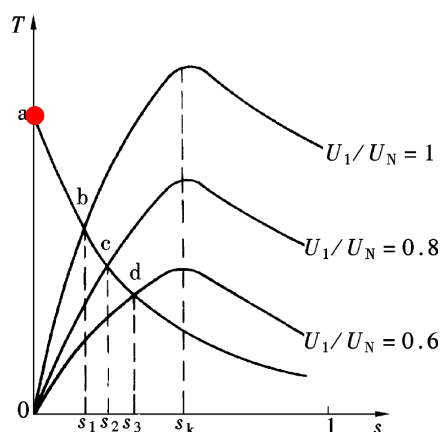


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### (3) 改变外施电压调速

#### 负载转矩 $T$ 变化



- 异步电动机转子电阻大，有较软机械特性，稳定运行区域较宽
- 如果带风机、泵类机械，其负载转矩与转速平方成正比，即  $T=Kn^2$
- 采用调压调速可以获得较大的调速范围，取得明显的节能效果

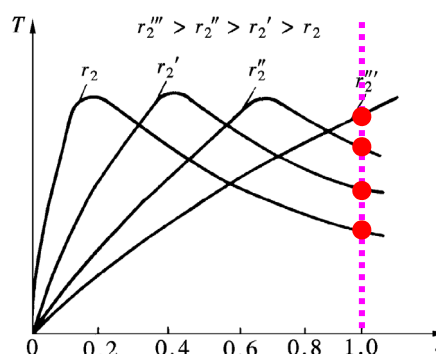


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

### 5. 绕线转子异步电动机的起调和调速

- 原理：转子回路中通过集电环串入附加电阻，限制起动电流，提高起动转矩
- 起动结束后把附加电阻切除，使正常运行有较高效率
- 绕线转子电机起动性能好

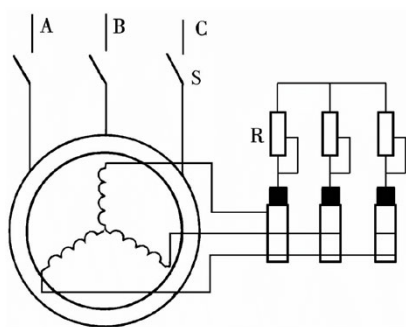


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 5. 绕线转子异步电动机的 起动和调速

### 绕线异步电动机的起动



- 如  $s_k=1$ ，则起动转矩等于最大转矩

$$s_k = \frac{c_1(r_2' + r_\Delta')}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + c_1 x_2')^2}}$$

- 起动变阻器的电阻值  $r_\Delta'$

$$r_\Delta' = \frac{1}{c_1} \sqrt{r_1^2 + (x_1 + c_1 x_2')^2} - r_2'$$



东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## 5. 绕线转子异步电动机的 起动和调速

### 绕线异步电动机的调速

#### 1. 在转子回路中接入变阻器调速

绕线转子异步电机转子回路中接入变阻器可以改变异步电动机的机械特性

#### 2. 串级调速

绕线转子异步电动机转子回路中接入附加电势实现调速

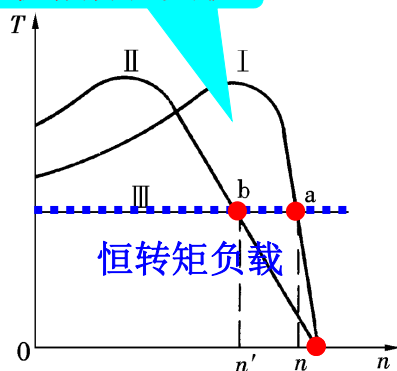


东南大学电气工程学院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

## I. 在转子回路中接入变阻器调速

机械特性变软



$$\frac{r_2'}{s} = \frac{r_2' + r_{\Delta}'}{s'}, \quad \text{即: } s' = \frac{r_2' + r_{\Delta}'}{r_2'} s$$

- 当负载转矩保持不变，接入变阻器后转子电流及转子电流的功率因数均保持不变，定子电流及输入功率也保持不变，而转速下降，导致转子铜耗增大，输出功率下降，效率也随之降低
- 机械特性变软，负载变化时转速将发生显著变化

**例10-3** 部分功率消耗在转子串联的电阻上，效率降低。



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## II. 串级调速

- 原理：**当转子回路串入与转子电势  $sE_2$  频率相同而相位相反的附加电势  $E_f$  后，转子电流  $I_2$

$$I_2 = \frac{sE_2 - E_f}{\sqrt{r_2'^2 + s^2 x_2'^2}}$$

- 串入电动势  $E_f$  越大，转速越低



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## 小结

- 鼠笼式异步电动机起动性能较差，起动电流很大，而起动转矩不大
- 电机起动方式取决于供电系统的容量、负载的要求和电机的性能
- 在不允许全压起动时，常用降压起动方法，有自耦变压器降压、星形-三角形换接开关降压等
- 当电机容量较大，起动要求较高时，选用绕线转子异步电动机
- 异步电动机调速方法大致可分为：改变电源的频率、改变电机的极对数、改变转差率等



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

## 作业

► 习题： p. 200-201: 10-3、10-6、10-7



東南大學電氣工程學院  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>